



# Et nærbilde av jord

Av Einar Vigerust

*Bilder elektronmikroskop: AGREM-NLH*

*Tegninger: Bibbi Thorbjørnsen*

## Innledning

Dyrking er på mange måter å mestre de naturgitte forhold. Et velkjent råd har vært «Stikk finger'n i jorda og kjenn hvor du er». For å veilede om jord trenger vi et felles inndelingssystem. Etter definisjonen nå skal f.eks leirjord «ha over 10 eller 12 vektprst. partikler med diameter mindre enn 0,002 mm, avhengig av om hovedfraksjonen er sand eller silt». Det virker litt vanskelig om ikke mekaniske analyser viser andel av ulike fraksjoner. Med litt øvelse kan vi *kjenne* eller *føle* visse forskjeller på ulik jord, — «ha det i fingrene». Med øye kan vi visstnok skjelve partikler ned til ca 0,06 mm, dvs. nedre grense for sandfraksjonen. Det er likevel så mye som forstyrrer vårt synsinntrykk, små partikler dekker og skjermes og det vi ser blir uklart. Vanlig blir jorda en «masse for vårt øye». En masse som kan virke grå og ensformig, men som likevel er grunnlaget for liv og vekst. Ved vurdering av jord gjelder stort

sett:

Vi kan *ane* forskjeller — men *ser* dem ikke.

Derfor vil vi her «fokusere på» noen detaljer.

## Bilder fra elektronmikroskop

NLH har nå fått et eget laboratorium for bl.a. *elektronmikroskop*, AGREM-NLH. Dermed har vi fått muligheter til å se selv knøtt små detaljer, størrelser som ligger så helt utenfor det vi vanlig oppfatter.

Prøver av sand, silt og leire er satt under «lupen». Dette er ikke fotografering under kraftige linser. Det som skjer forklarer bestyrer TRYGVE KREKLING, AGREM-NLH, slik:

Det er ikke noe mystisk som ligger til grunn for Scanning ElektronMikroskopi, kalt SEM til daglig. SEM er i mange henseender bygget opp og fungerer som en vanlig TV-mottaker. Øverst i mikroskopet sitter en elektron-«kanon» som sender elektroner med høy hastighet i retning av prøven. På veg gjennom mikroskopet passerer de en rekke elektromagneter. Noen av magnetene fungerer som linser og har til oppgave å fokusere elektronene slik at de treffer prøven som et meget tynt nåleformet stråleknippe. Andre magneter, «scanningspolene» benyttes til å flytte strålekippet over prøven på samme måte som elektronstrålen i TV-apparatet flyttes over skjermen.

I SEM reagerer elektronene fra «kanonen» med preparatets atomer og gir opphav til en rekke ulike signaler. Noen elektroner trenger inn til atomkjernen, svinger rundt denne i





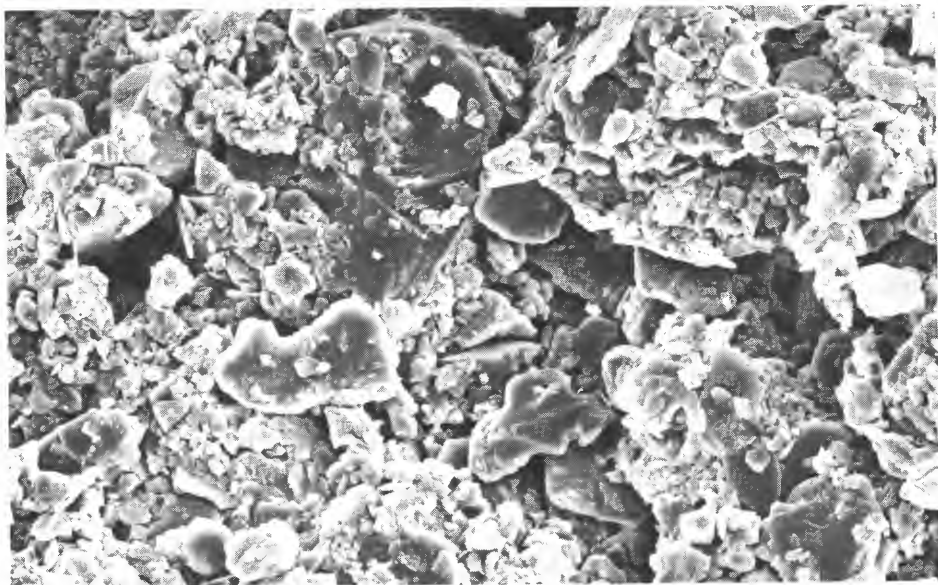
Bilde 1. Sandjord forstørret 100 X.

Målestokk:  $\frac{\text{tilsv. } 0,2 \text{ mm}}{2,8 \text{ cm}}$



Bilde 2. Sandjord forstørret 550 X.

Målestokk:  $\frac{\text{tilsv. } 0,06 \text{ mm}}{4,5 \text{ cm}}$



Bilde 3. Silt forstørret 550 X.

Målestokk: \_\_\_\_\_ 4,5 cm  
tilsv. 0,06 mm



Bilde 4. Leire forstørret 550 X.

Målestokk: \_\_\_\_\_ 4,5 cm  
tilsv. 0,06 mm

komtet-lignende baner og kommer ut på prøvens overflate som reflekterte elektroner. Refleksjon skjer hyppigere jo større og tyngre prøvens atomkjerner er. Elektroner fra «kanonen» kan også støte sammen med og rive løs elektroner fra atomets elektronsky ved en slags «klinkekulereaksjon». Ustikkende deler i prøven avgir mange slike løse elektroner sekundærelektroner mens «groper» og «grøfter» avgir få. Elektronbestraling fører også til at prøven sender ut røntgenstråler som har bølgelengder som er bestemt av hvilket grunnstoff prøven inneholder.

Elektronbestrålte prøver sender altså ut en rekke signaltyper. Disse oppfanges av ulike detektorer og benyttes til *avbildning* av prøven på en TV-skjerm. Alt etter hvilken detektor som benyttes får vi derved et bilde av prøvens innhold av lette og tunge grunnstoff, «topografi» og elementsammensetning.

Det presenteres her ulike forstørrelser av 3 jordprøver. Bildene representerer flater på preparatet fra ca 1 mm<sup>2</sup> ned til ca 1/36 000 mm<sup>2</sup>. I første rekke viser de hvor store forskjeller det er på disse prøvene. Angitt målestokk er aktuelle grenser i vårt inndelingssystem.

Bilde 1 viser sandjord 100 ganger forstørret (100 X). Det antyder at fin sand (0,2—0,06) dominerer i preparatet. Partiklene er likevel så «grove» at forstørrelsen 550 X (bilde 2) bare rommer få sandkorn. Den runde «steinen» i sentrum har diameter ca 0,06 mm, dvs overgang mellom sand og silt. Vi merker oss den avrundede formen, som antyder at partikelen kan ha vært utsatt for vindbehandling. Den har trolig rullet eller blitt skubbet langs bakken. Denne sandjorda er svært godt sortert og det er typisk for flygesand. Mengden av finmateriale er her for liten til å fylle hulrommene. Det er store porer som vanlig er luftfylte mens vann lett trekker ned. Slik flygesand er vel egnet for fotballbaner, hvor tiltetting oftest er et vanskelig problem.

Samme forstørrelse (550 X) viser at siltjord (bilde 3) er langt tettere enn sandjorda. Silt har stor evne til å lagre vann. Porene er passe små til å gi stor og rask kapillær vanntransport oppover i jorda. Silt er således tørkestærk, men fraksjonen gir også jorda andre egenskaper. Siltrik jord eroderer lett. Sterk nedbør trenger ikke raskt nok ned, en del vann renner av på overflata. Rennende vann får godt tak til å grave ettersom partiklene henger så dårlig sammen, de er også små og lette å flytte. Etter hardt regn får siltrik jord lett skorpe når overflaten tørker opp igjen.

Frost i slik jord fører oftest til at det dannes is-linser bl.a. fordi vannet ledes så raskt. Dette gir ujevnt telehiv, derfor er siltrik jord fryktet som underlag for veier, samtidig har jorda dårlig rykte som byggegrunn. I siltrik jord blir det også lett oppfrost-tuer,

Ved å heve innholdet av organisk stoff kan en dempe disse uheldige egenskapene til siltrik jord. Moldrik silt er attraktiv kulturjord.

Bilde 4 (550 X) viser et aggregat av leire, det minner om sand «in natura». Her er de enkelte partiklene heftet sammen. Det er nettopp klumpene som særpreger leirjord. Den omtales som «lunefull» og et gammelt gårdbrukerråd var:

*«Du må stille din leirjord like så vel  
... som kjerringa lørdagskveld.»*

Leire holder godt på vann, noe er likevel så fast bundet i alle små «irrgangene» at plantene vanskelig får tak i det. Det fine poresystemet er også en brems for vannbevegelsen. Forstørrelse 2000 X (bilde 7) viser at hulrommene er små. Dette preparatet er *løs* leire. Hvordan ville bilde vært etter pakking med traktorhjul? Det må likevel legges til at leire normalt har et stabilt sprekksystem hvor luft, vann og røtter kommer ned.

Det samla overflatearealet til alle partiklene pr vektenhet gir en viktig karakteristikk av jord. Bildene 5, 6 og 7 viser at det må være meget store forskjeller i *spesifikk overflate* for disse prøvene. Det mangler målinger, men etter kornstørrelse og oppgaver av KOHNKE (Soil Physics, 1968) er overflatearealet for prøvene *grovt* anslått til, i  $\text{m}^2/\text{g}$ : 0,02—0,1 for sandjord, 5—20 for silt og vel 100 for stiv leire.

Storparten av vår mineraljord ble dannet da isen høvlet ned vårt land for ca 10 000 år siden. Partiklene ble slipt og med tiden er de forvitret. Bærer de preg av sin alderdom? Av det enorme utvalg vårt land kan by, lar vi her *en* enkelt partikkel stå som representant for alle de gamle (bilde 8). Den er neppe spesiell og er middels i sandstørrelse. Kanskje passer en omskriving etter Ibsen?:

*«Lå den i jorden i tusene år  
den «skinner» enda, den aldri forgår».*

Tilsynelatende har den klart å bevare sin form slik den ble skapt. Men ser vi nærmere etter har den fått «hull» og «arr». Stor forstørrelse avslører at tiden må ha satt sine spor, den er «furet, vær-bitt».

I vår tid nydannes det lite mineraljord. Som eksempel viser vi likevel et par ferske partikler (bilde 9), sprengt ut av skifrig fjell i Vågå i 60-årene, frigjort etter 500 mill år i dypet. Materialet har høyt innhold av næringsstoffer som lett avgis ved forvitring. Med stort overflateareal kan dette materialet lagre langt mer næringsstoffer enn størrelsen av partiklene tilsier. Overflaten gjør den «aktiv». Det kan virke som de har en «ungdommelig friskhet» som knapt vil bevares gjennom «tusene år».

Vi stiller det spørsmål som aldrende gjør: «Er det no' hold i de unge — Smuldrer de nesten som høstens balm?»

## Jordstruktur

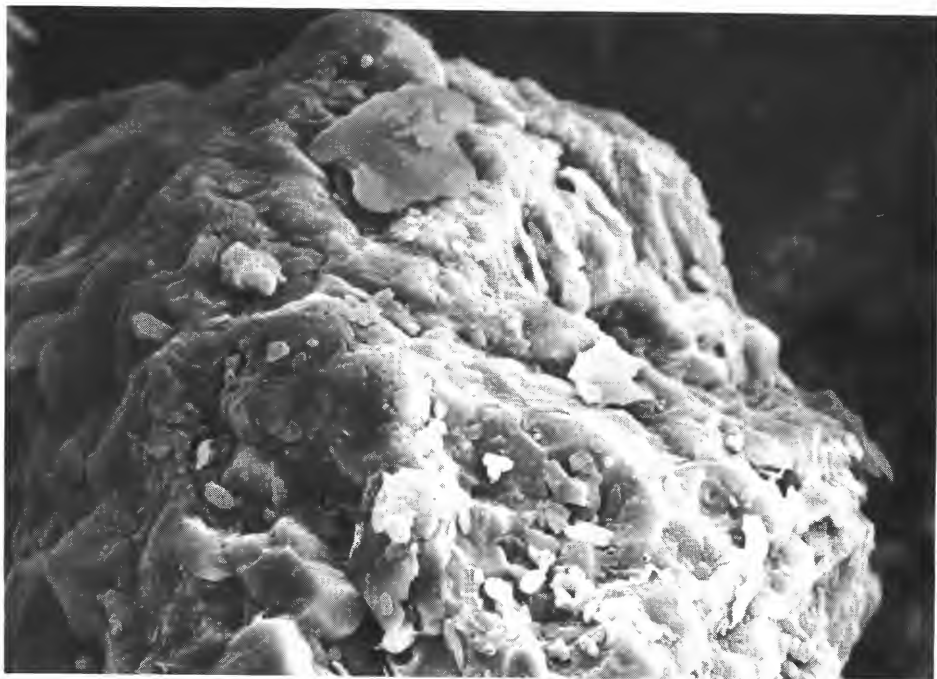
Bilde 1 viser at sandprøven består av en rekke enkeltpartikler som er uavhengige av hverandre. Et lite utsnitt (se bilde 10) viser en partikkel som skiller seg litt ut. Stor forstørrelse (2000 X) viser at dette er en *samling enkeltkorn* — et aggregat — det er «spunnet sammen til et hele». De lyse «båndene» er organisk stoff og er trolig medansvarlig for «sammenslutningen».

Professor HEINONEN (Jord og Myr nr 5/85) forklarer hvor komplisert dannelsen av struktur i jord i virkeligheten er. Her skal vi bare feste oss ved den jordforbedrende effekten til organisk stoff og mikrobiologisk aktivitet. Mye tyder på at små organismer som sopp og bakterier *selv* kan bidra til å knytte leirpartikler sammen ved deres elektriske ladninger. Ved omsetning av organisk stoff dannes visse mellomprodukter, ofte slimaktige stoffer, som kan «slå bro» mellom små partikler. Hvert av disse stoffene varer kanskje bare kort tid, men omsetningen går sin gang og stadig skjer det en nydanning.

I en undersøkelse med tilsetning av tangmel økte innholdet av vannstabile aggregater i leire og silt (bilde 11). Bilde 12 (6000 X) viser leire tilsatt finmalt tang og som var omsatt i jorda. Her finner en organiske bånd. Er dette de omtalte slimstoffene som har slik spesiell evne til å «strukturere» vanskelig jord?



Fig. 1. Bakterier og slimstoffer som bindeledd mellom små jordpartikler.



Bilde 5. Partikkel på overgang mellom sand og silt, forstørret 2000 X. (Leir og fin silt i forsenkningen.)

Målestokk:  5,4 cm  
tilsv. 0,02 mm

### Organisk stoff

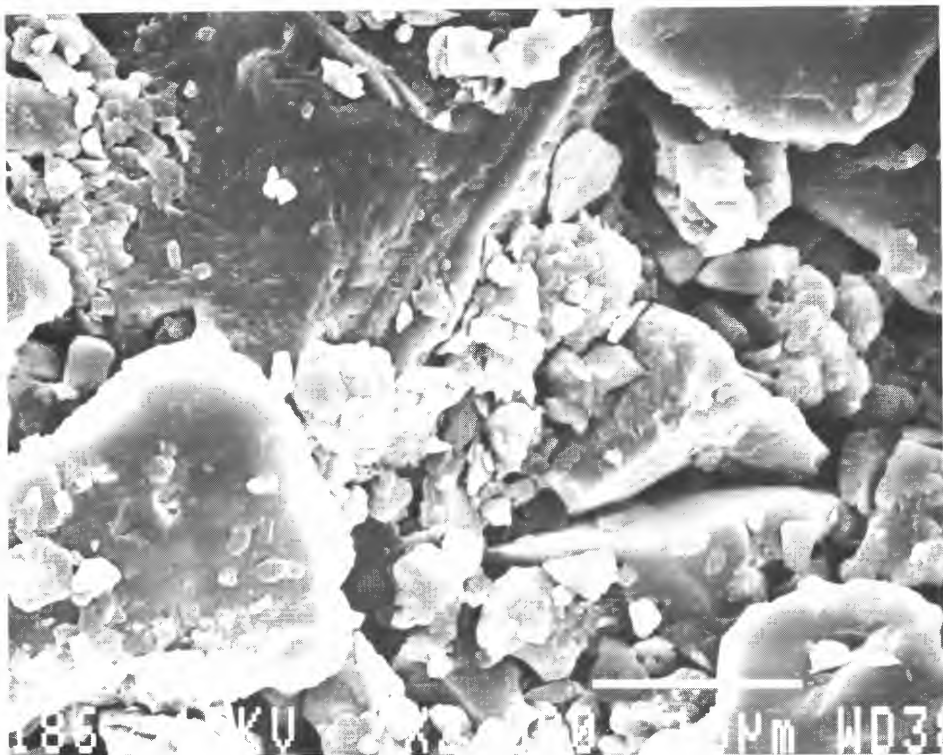
Organisk stoff forbedrer mineraljord. Kanskje betyr nedbrytingsproduktene ved omsetning vel så mye for jordas struktur som selve massen av organisk stoff. Det kan ergre oss at torv vi tilsetter gradvis forsvinner. Når det gjelder jordforbedring av mineraljord har trolig selve omsetningen en nyttig virkning. Innblanding av mye lett omsettelig materiale kan gi en enorm livsaktivitet, helt opp til 1 billion bakterier, noen millioner sopp osv. pr gram! Det hevdes også at en meitemark *pr dag* kan danne like mye stabile aggregater som sin egen vekt. Det er en god og billig jordarbeider, som best trives blant lite omsatt organisk materiale i jorda, forutsatt nok luft.

Den jordforbedrende virkningen kan være større ved at omsetningen foregår i jorda framfor i en kompostbinge. Det



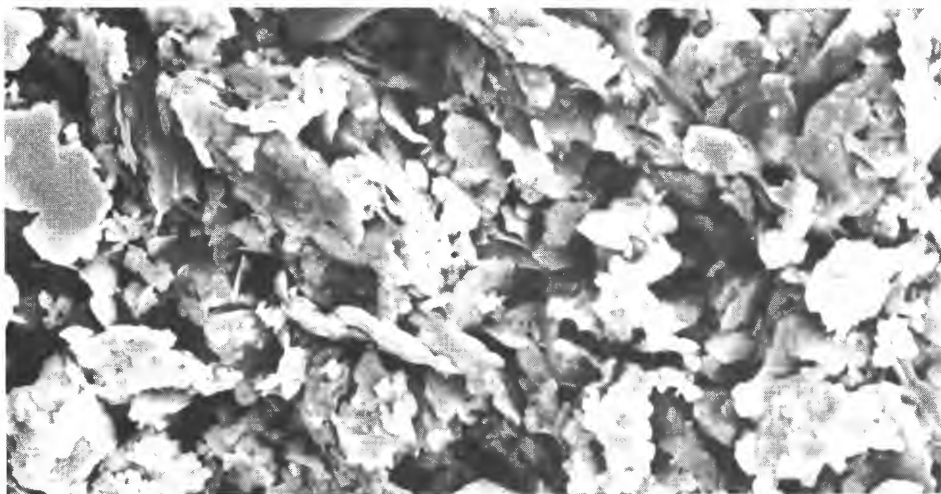
Fig. 2. Torv kan holde inntil 15 ganger egen tørrvekt.





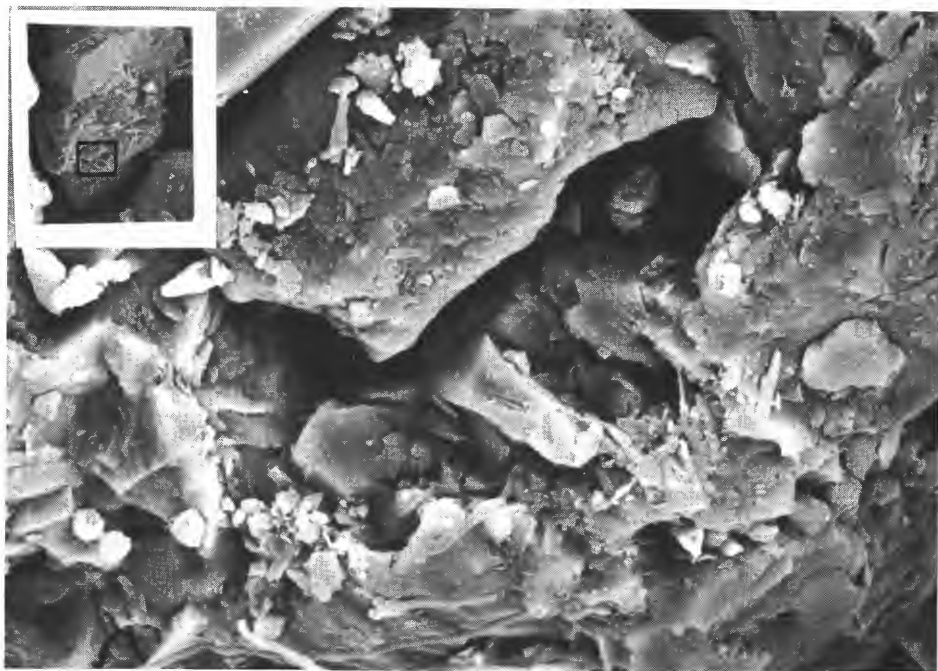
Bilde 6: Silt forstørret 2000 X.

Målestokk:  $\frac{\text{tilsv. } 0,02 \text{ mm}}{5,4 \text{ cm}}$



Bilde 7. Leire forstørret 2000 X.

Målestokk:  $\frac{\text{tilsv. } 0,02 \text{ mm}}{5,4 \text{ cm}}$



Bilde 8. Forvitret gammelt sandkorn, forstørret 2000 X IInnfelt oversiktsbilde av hele partikkelen, 100 X.I

Målestokk: \_\_\_\_\_ 5,4 cm  
tilsv. 0,02 mm

har likevel vist seg at rask omsetning i jord kan gi mellomprodukter som virker skadelig på plantene. Innblanding av

store mengder gir lett underskudd på oksygen og dermed dannes flere slike uheldige mellomledd under nedbrytningen. Her som ofte ellers bør en søke en middelvei.

Vi får størst effekt av organisk stoff som jordforbedringsmiddel der det er lite i jorda fra før. Ved dyrking på friland kan det være ønskelig å jordforbedre ren organisk jord med mineraljord. Kanskje kan vi si at *jordforbedring er å unngå ensidighet i den jorda vi har.*

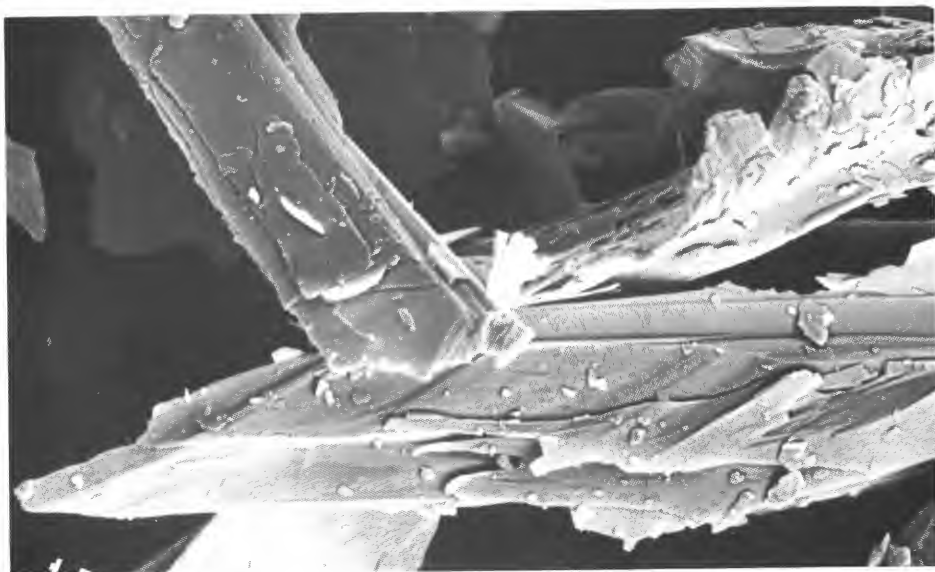
### Kjemisk innhold

For det vi ikke kan sanse gir vi ofte fantasien en viss frihet. Ettersom vi ikke kan presentere fotografier av hydrogen, kalsium og alle «følgesvennene i jord», viser



Fig. 3. *Jord er ingen livløs masse.*





Bilde 9. Frisk nysprengt skifer, forstørret 2000 X. Også på «stein» er det forskjell på gammel og ung!

Målestokk:  $\frac{\text{tilsv. } 0,2 \text{ mm}}{5,4 \text{ cm}}$

vi en illustrasjon påvirket av en kjent situasjon (fig. 6). De kjemiske stoffene utgjør en meget viktig del av jordas funksjon. Kjemien i jorda er usedvanlig

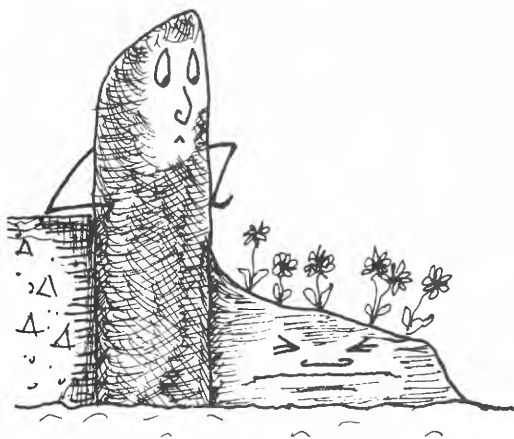


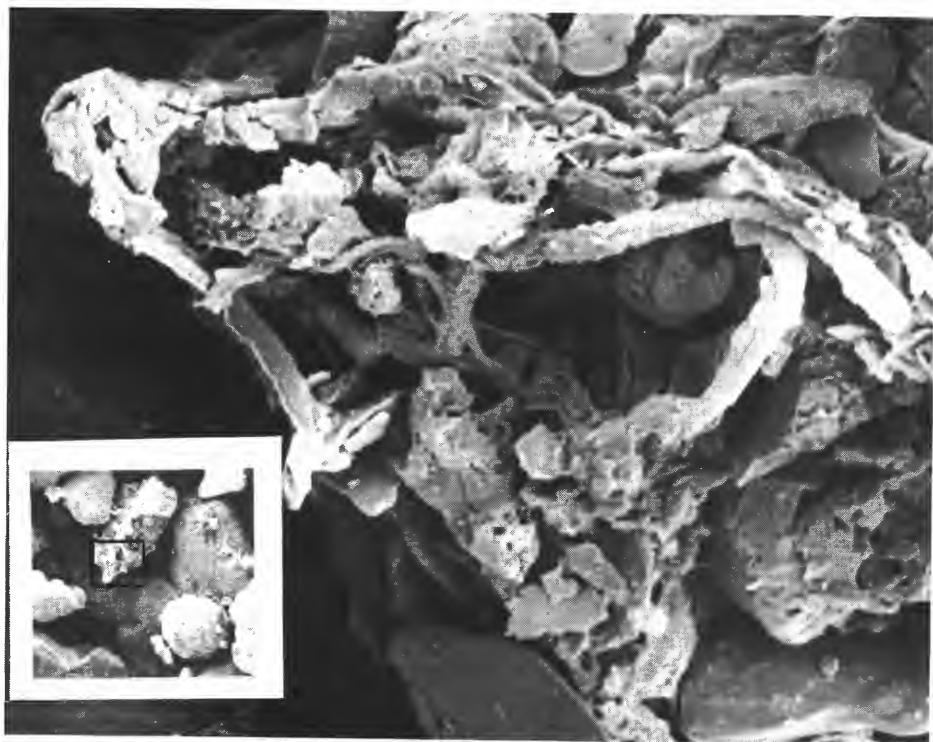
Fig. 4. I Bergen sies: «Kantstein kan vokse!»

komplisert, både som helhet og i detalj, her er det dristig å forenkle!

Gjødsel og andre salter oppløses til ioner — til en positiv del (kation) og en negativ del (anion). Kalksalpeter —  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  — blir til  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{NO}_3^+$ . Slik svever de omkring i det som i fagspråket kalles *jordvæska*. Men det kan ikke være noe stort basseng. Passe fuktig jord har en tynn «kappe» eller «film» med vann omkring partiklene.

De prosessene som skjer i jordvæska og på overflaten av partiklene er av fundamental betydning for forståelse av plantenes ernæring, vannhusholdning, jordstruktur osv. Kort sagt er dette et sentrum når vi skal vurdere jorda som livsgrunnlag. Dette er også et dynamisk system, med stadige skiftninger.

De fleste jordpartiklene har tett med negative ladninger på overflaten, der vil



Bilde 10. Del av aggregat — små partikler festet sammen til et hele, som utad «fungerer» som et sand- eller siltekorn. Forstørret 2000 X. [Innfelt oversiktsbilde 100 X.]

Målestokk:  5,4 cm  
tilsv 0,02 mm

de binde til seg positive ioner — tett til overflaten. Lenger «til sjøs» svever andre ioner mer fritt, disse kan lett bli tatt med en vannstrøm nedover. Jordpartiklene fungerer som en form for «redningsflåter» — et holdepunkt som kan berge stoffer fra å skylles ned. Men det er «kamp» om disse «beskytta» plassene. Bindingsstyrken er forskjellig for ulike stoffer. Som i en kuflokk er det den sterkeste rett som rår. Kalker vi, vil kalsium ha stor evne til å fortrenge de andre, det skjer en *ombytting* som også blir påvirket av forandringer i det kjemiske miljø ellers. Men vi kan også si at det

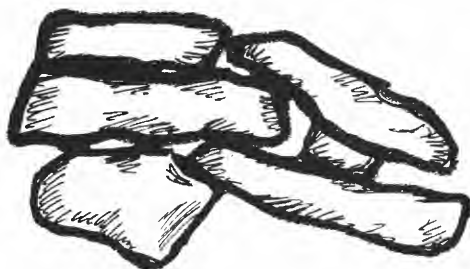
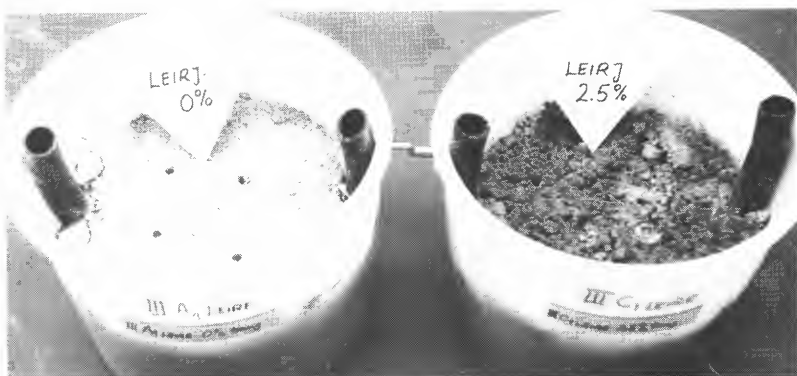
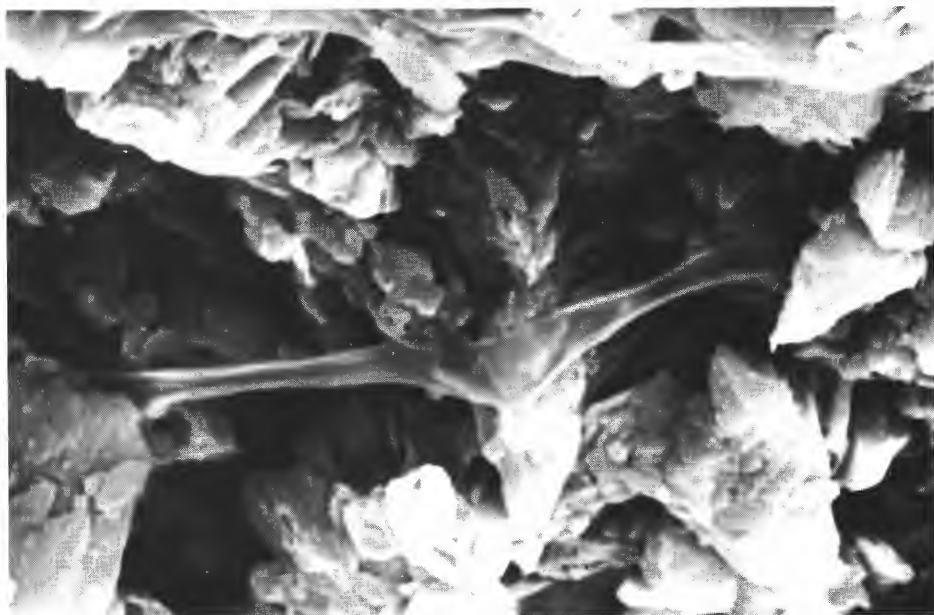


Fig. 5. Jordvæske: ingen vannrett flate — uberegnelig vannstand.



Bilde 11. 2,5 volumpst. tangmel har tydelig endret strukturen i leirjord.



Bilde 12. Stiv leirjord tilsatt tangmel som er omsatt i jorda, forstørret 6000 X. Bånd med organisk materiale — holder de leirpartiklene sammen?

Målestokk:  $\frac{1,6 \text{ cm}}{\text{tilsv. } 0,002 \text{ mm}}$

hersker en form for demokrati i det mange av *en* type kationer (stor konsentrasjon) betinger flere «faste plasser». Kationer med en ladning («arm») holder seg dårligere fast enn de med 2 eller også 3 ladninger.

Også negative ioner, anioner, holdes igjen i jorda. Det er også her stoffforskjeller. Nitrat vaskes f.eks lettere ut enn sulfat, mens klorid ( $\text{Cl}^-$ ) er lettest bevegelig. Av kationene er natrium «den svakeste» Disse to —  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$

—vaskes lett ut av jorda — til havs. Derfor er havet så salt.

Antallet av negative plasser på partiklene er i fig. 6 framstilt som «løkker på redningsflåtene». Det er en viktig egenkap hos jorda. Vi kaller det *kationombyttingskapasitet*, dvs. kapasitet til å binde kationer (indirekte også anioner). For viktige plantenæringsstoffer er den en slags «bøndernes bank», — hvor det for så vidt kan settes inn og tas ut. Men altså en «konto» med et meget komplisert system for innskudd og uttak, — et system vi bør kjenne noe til, som forvaltere av en viktig kapitalkonto i «jordbanken».

### Behov for kunnskap om jord

Jord kan virke grå og ensformig. Det er et tema mange synes de kan en god del om. Nettopp derfor der det lett å undervurdere et behov for ytterligere informasjon og kunnskap. Her har en billedlig

forsøkt å fokusere på små detaljer i et «minisystem», som er grunnlaget for at det vokser — grunnlaget for biologien. Dette antyder at vi trenger «jordiske» kunnskaper. Vi bør grave oss «dypere ned i materien».

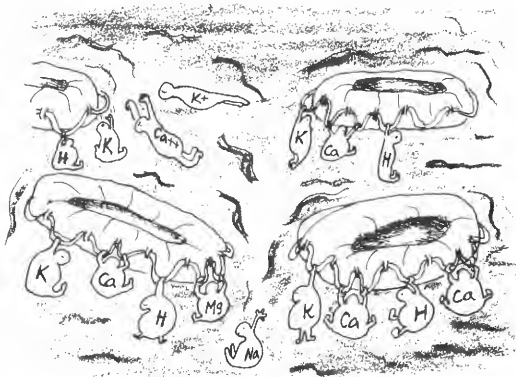


Fig. 6. Vårt jordkjemiske miljø?  
(anioner utelatt)



Bilde 13. Ved grunnforskning bør en gå i dybden — ellers blir det grunn forskning.  
Motto i jordforskning må være: GRAV DEG NED I TIDE!